

# 第17回 LPBシステムソリューションフォーラム

電源回路のEMI設計フロントローディング検証

システムフロントローディングWG

EMC & 電源設計実証TG

コニカミノルタ 野村 毅

# 発表の概要

EMC&電源設計実証TG ではEMC設計のフロントローディングの姿を具体的に描き、課題と解決手段を議論します。

今回はLEDドライバ回路のEMI評価をテーマとして選定し、評価基板の作成、デバイスモデルの策定、実測検証、MBSEによるフロントローディングフローの作成を計画しています。

その実施状況について説明します。

# 背景

EMCのフロントローディングは開発プロセスを最適化する上で重要かつ困難なテーマである



その実現に向けてはまだまだ課題があるセットメーカーも少なくないのは？



当TGは、EMCのフロントローディングを実現するための課題の共有、その解決手段を検討する場を提供しています

# TGの方針

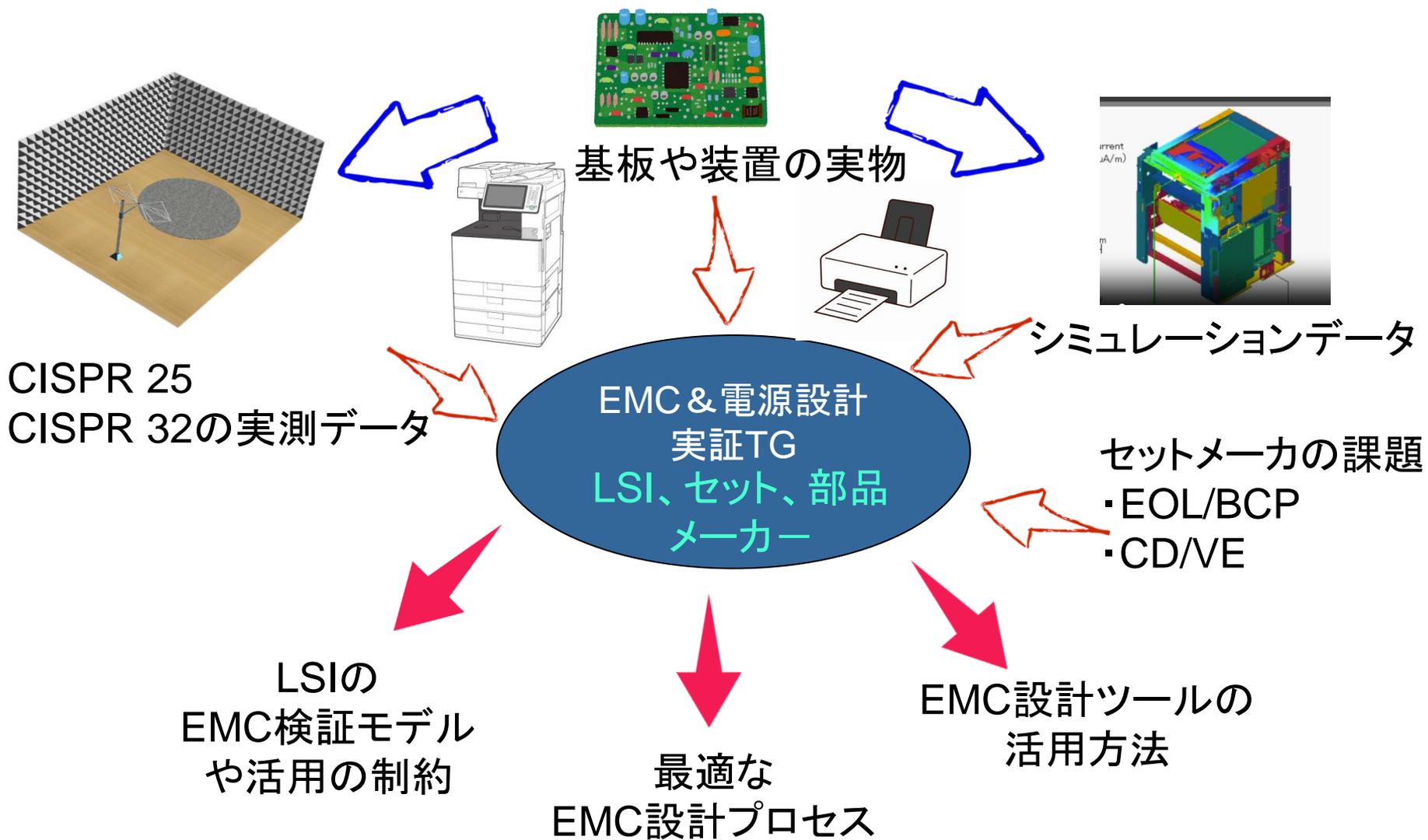
秘匿情報を話したくないので概念論になりやすいが、できるだけ具体的な議論がしたい

データに基づいた課題形成と解決策の議論に結び付けたい

メンバーが課題と考えるモチーフを決めて具体化したい

評価基板などJEITAで作成してOPENに会話ができるようにする

# 活動のINPUTとOUTPUT

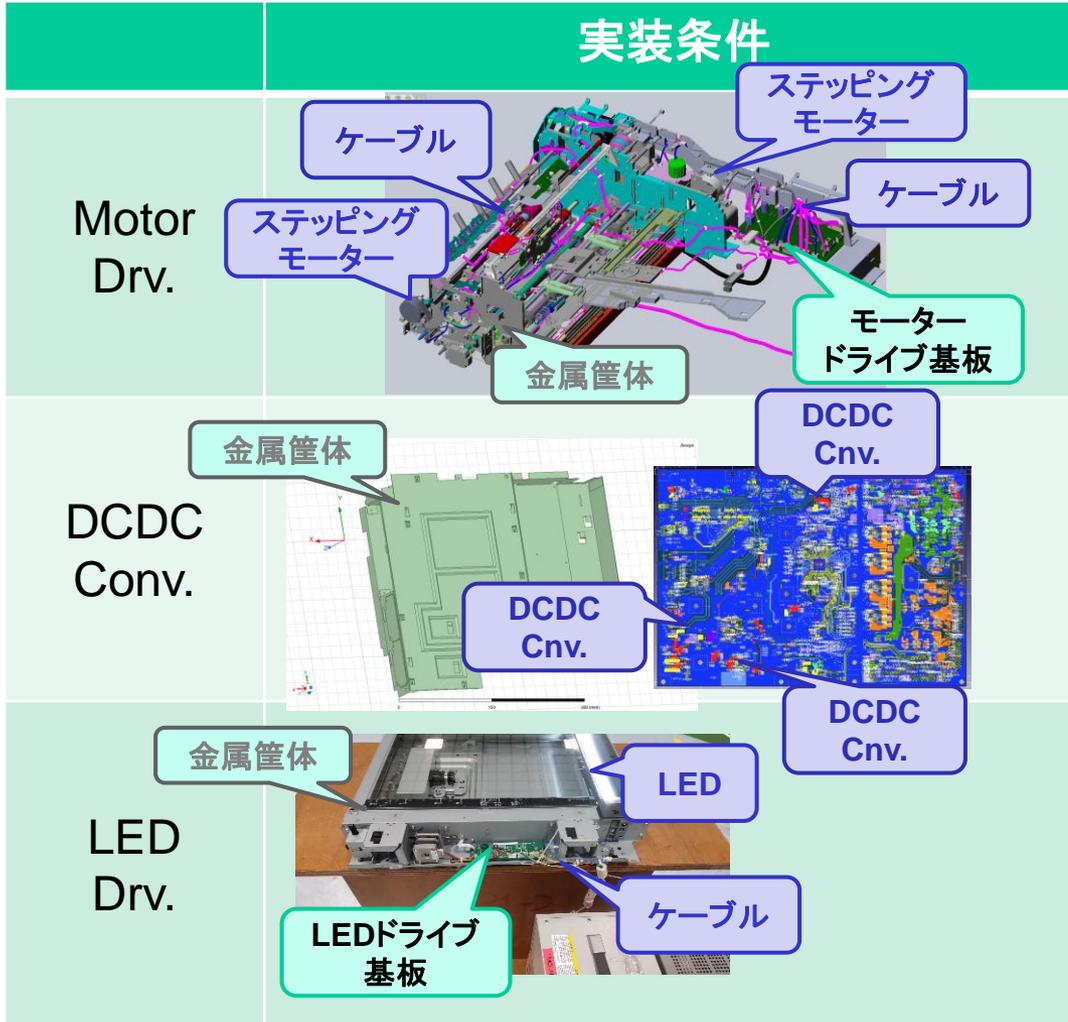


# 昨年度までの検証から

# セットメーカーの課題 モーターの選択

## MFPのEMIの問題

### 実装条件



電力系LSIにまつわる  
EMI問題を解決したい

電力系デバイスの設計  
技術が得られると広く  
課題解決に役立つ

# 流通しているDC-DCConv.モデルの検証

Webで取得できるモデルを検証してみよう

解析モデル

Webで流通しているモデル

受動部品の等価化回路

評価基板

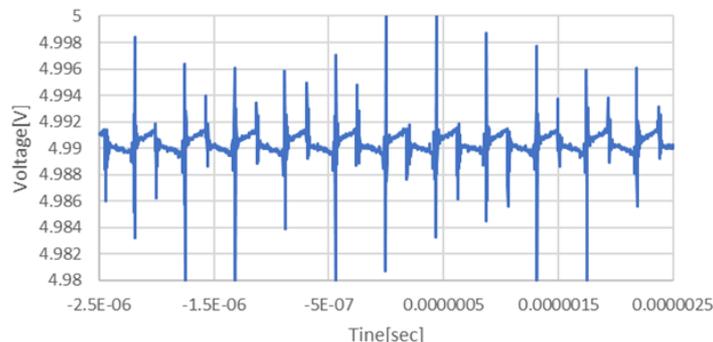


基板パターンデータ

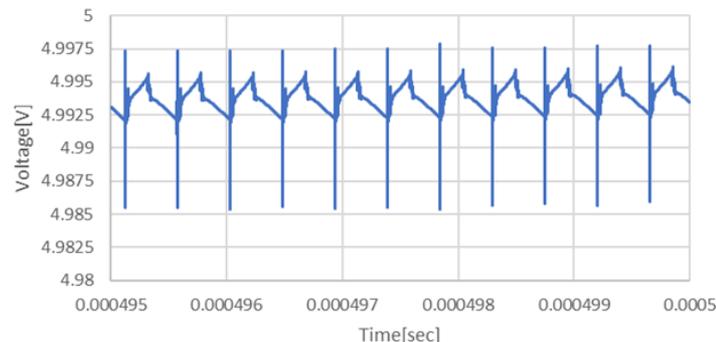
基板のSparaを導出

OUTPUT電圧の測定結果と解析結果

VOUT電圧波形



VOUT電圧波形



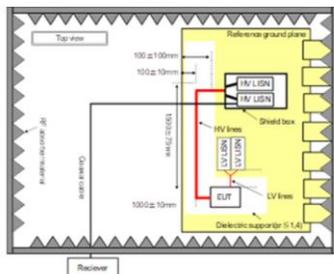
機能的検証については実測と解析で相関をとることができた

# 流通しているDC-DCConv.モデルの検証

Webで取得できるモデルを検証してみよう

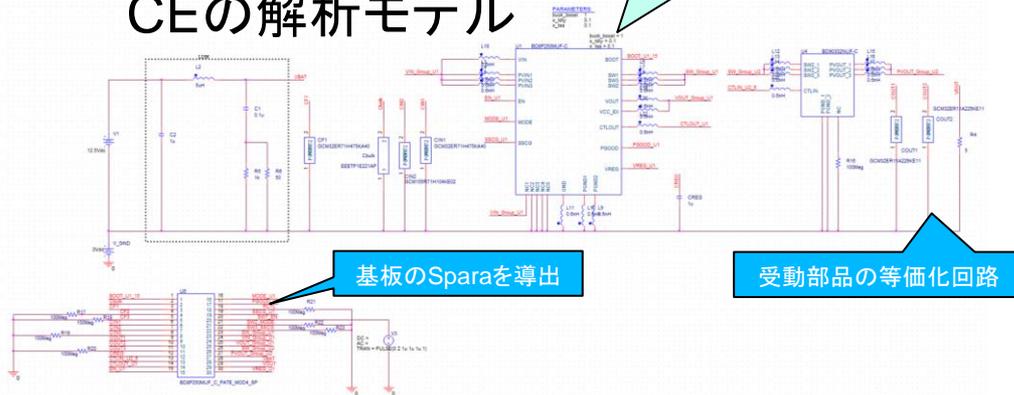
CEの測定

伝導エミッション 電圧法



CEの解析モデル

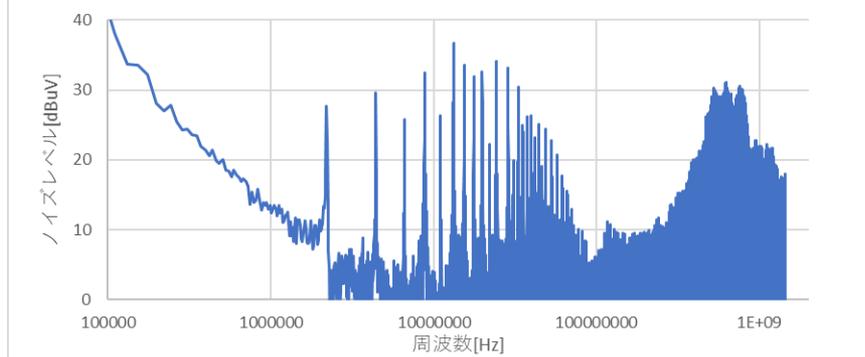
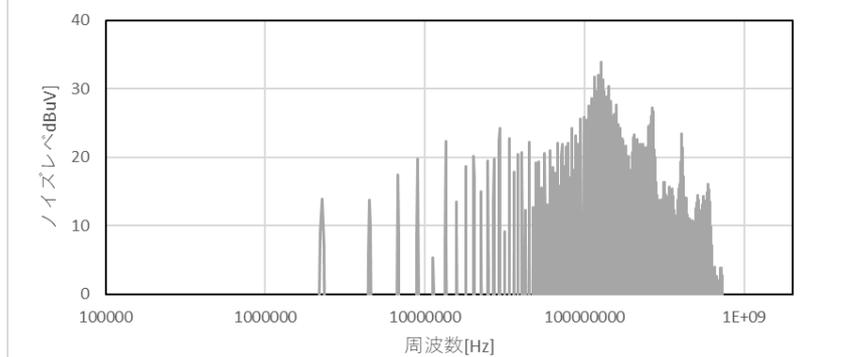
Webで流通しているモデル



## CISPR25 CEの測定結果と解析結果

Vin=

無、負荷1A



EMIについては実測と解析で相関をとることができなかった

# 流通しているDC-DCConv.モデルの検証

## Webで取得できるモデルを検証してみよう

機能評価モデルは、動作の検証や出力波形のリップルスパイクについての検証に適しているが、CISPRE25 CEの実測との相関性は得られなかった。

EMI検証には使えない

5~10dB程度の精度はほしい

共振周波数はあってほしい

Spice解析が重い

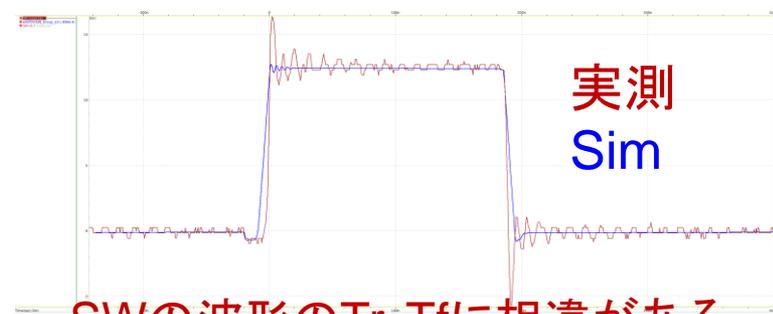
### 実測と解析の差異の原因と考えられるもの

#### 端子から見たインピーダンスの差異



モデルには端子のL成分が定義されていない  
容量成分に差がある

#### SW波形の実測と解析の差異

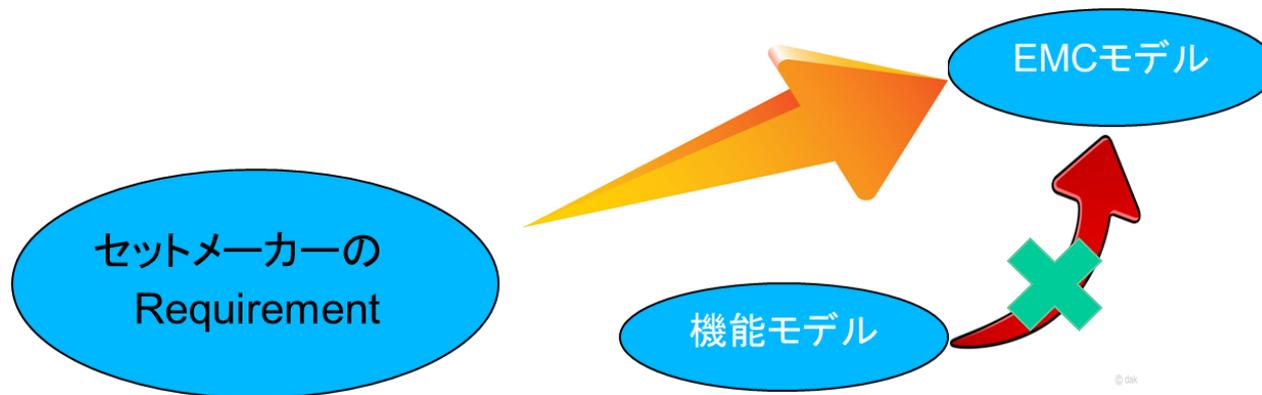


SWの波形のTr・Tfに相違がある  
リップルの波高値、周波数が再現できていない

# モデルに求められる要件

流通しているモデルを評価してみて改めてわかったこと

EMIの検証に必要なモデルパラメータをモデル化  
できていること  
機能評価モデルの延長線になくてもよい  
機能を限定して軽いモデルが良い

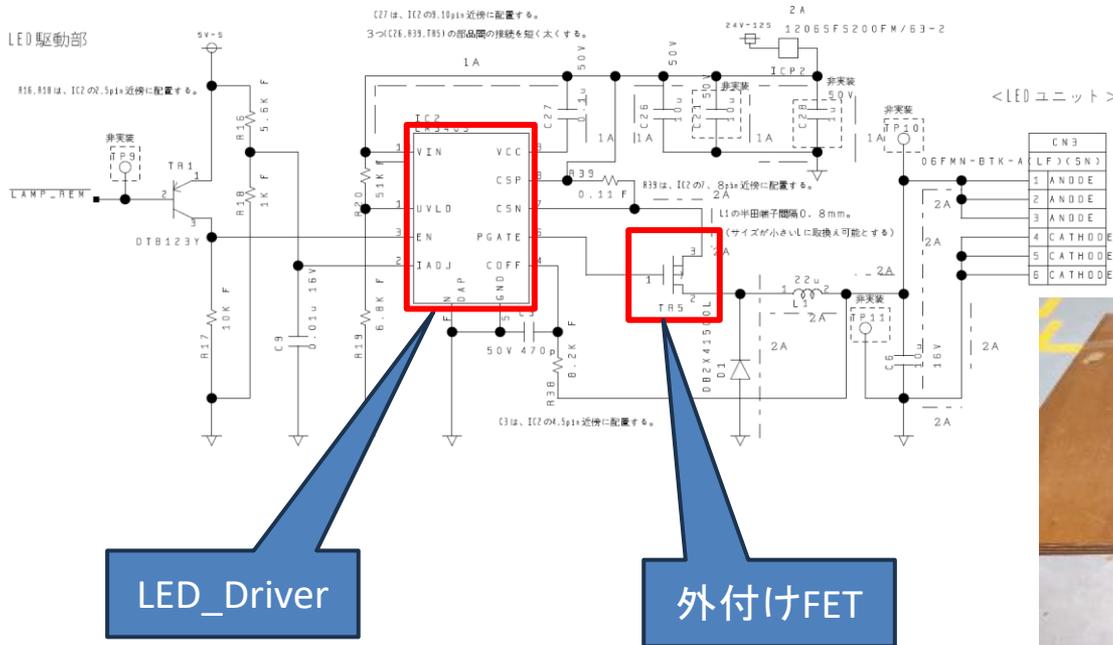


# 本年度の活動

# ターゲットの再設定

- EMIに特化したモデルの策定ができるターゲットを設定  
実測からモデルの作成を志向→LSIが外付けのFETを駆動するもの

## LEDドライバなら別FETもあり



スキャナーの照明用  
LEDの点灯回路

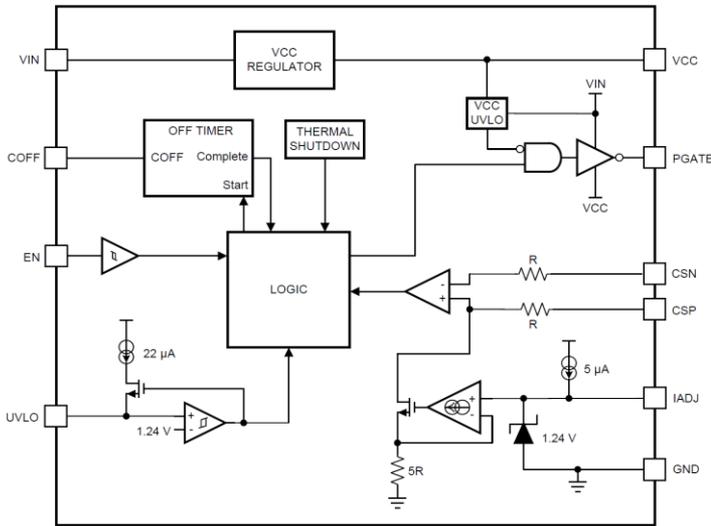


# 対象とするLSI(LED\_Driver)

TEXAS INSTRUMENTS製

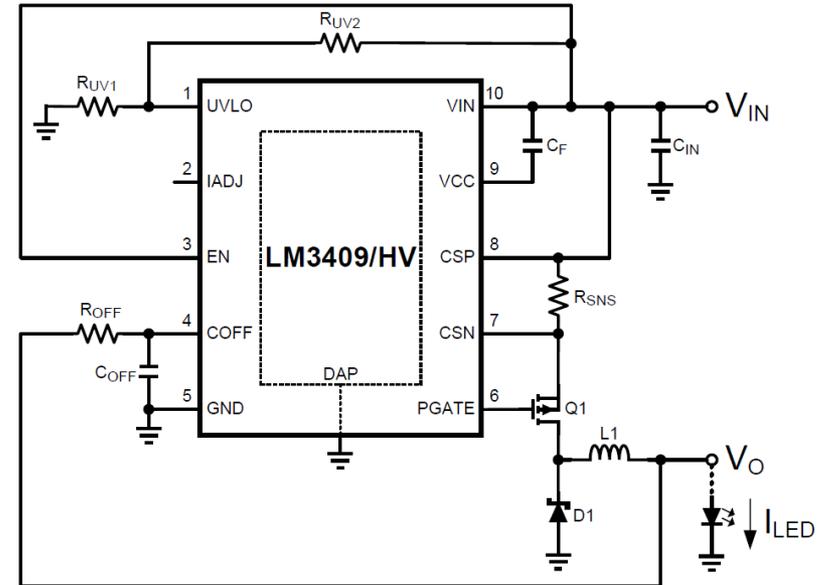
P-FET Buck Controller for High-Power LED Drivers LM3409

LSIの内部ブロック図



LSIの使用例

Typical Application Schematic

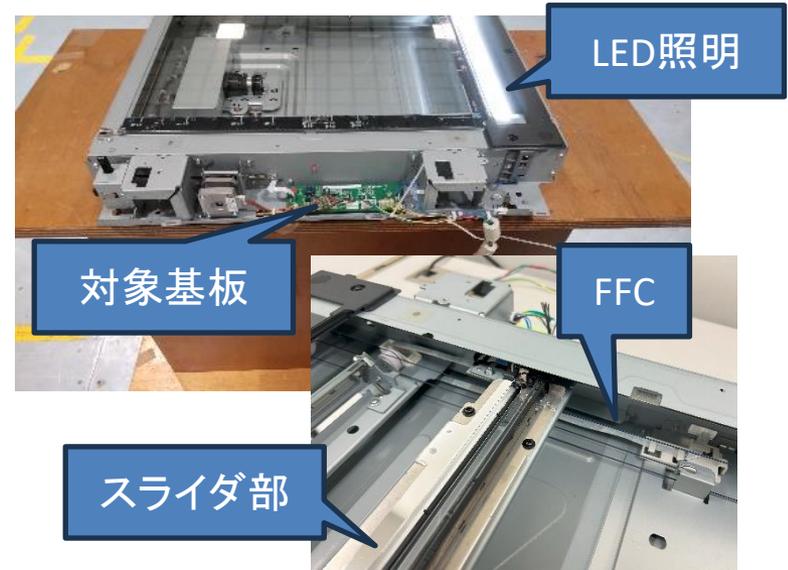
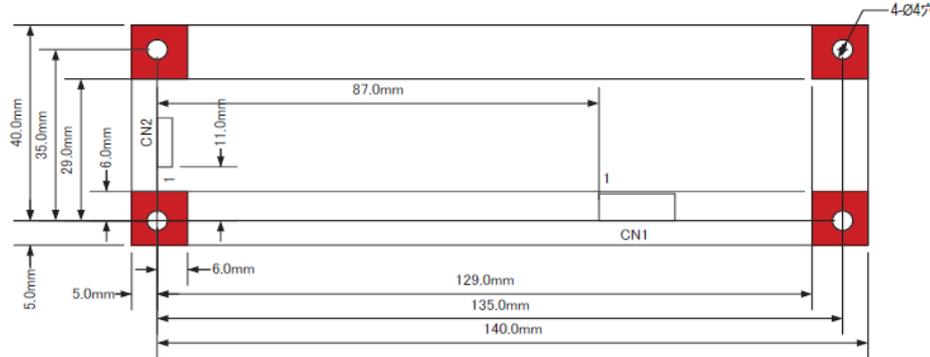


# 外形

## 基板外形

## セットメーカーの課題

基板単体と製品に実装した状態では放射の傾向が異なるので基板単体での評価では必要な対策部品の判断ができない



MFPのスキヤナに実装できるような外形とし、簡易的な製品形態での測定もできるようにする



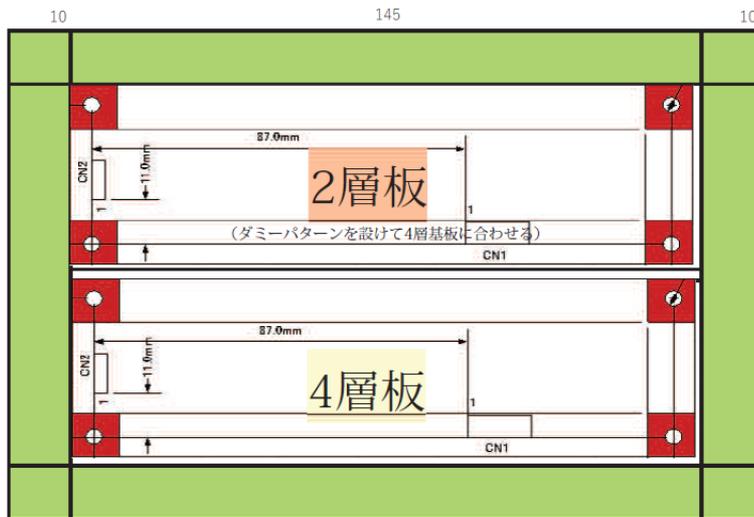
# 層構造

## 層構造の工夫

### セットメーカーの課題

コストダウン要望⇒両面基板化によりEMI問題が発生する場合が多い。

4層基板と両面基板を作成しその差異を検証できるようにする

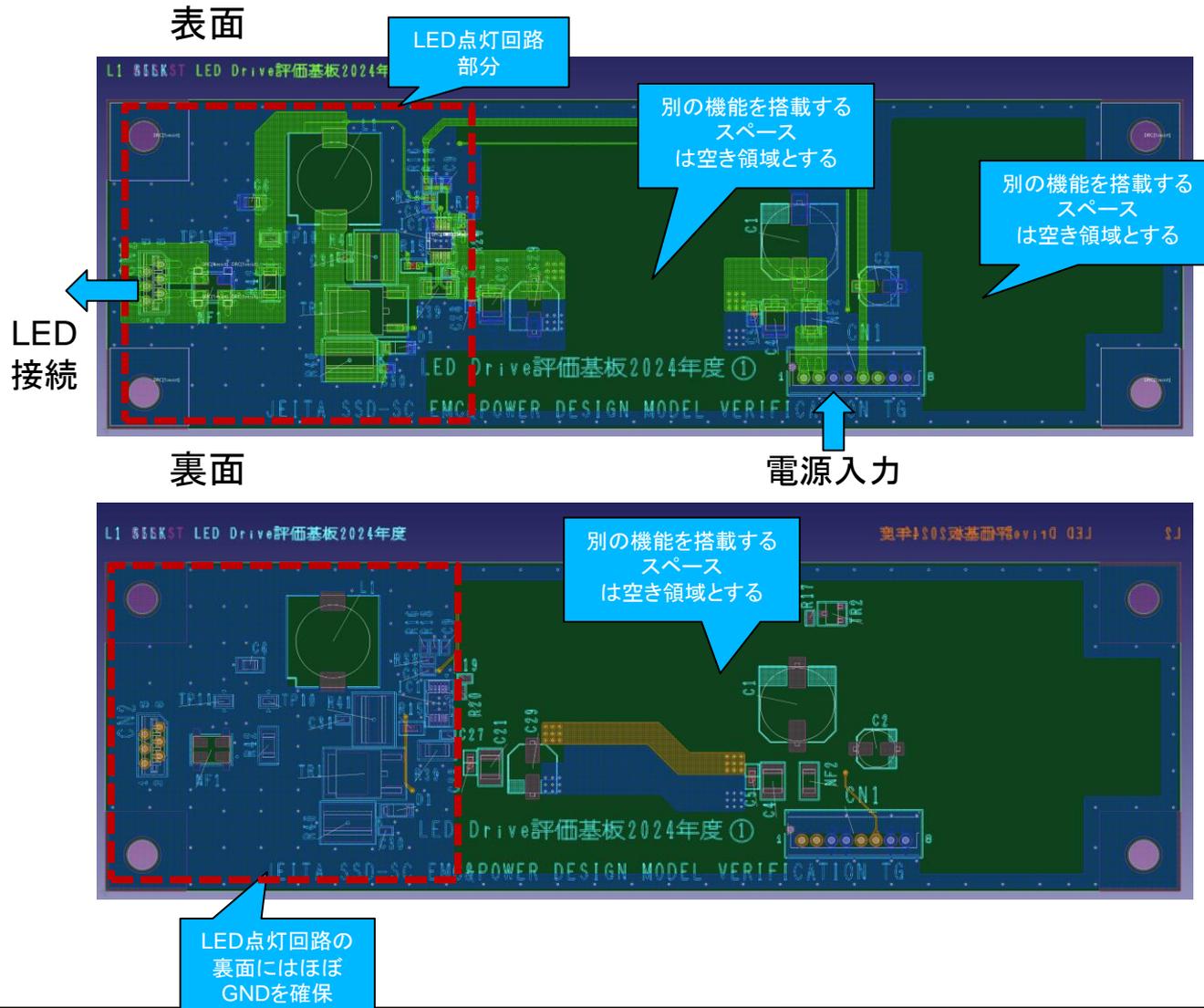


| 層構成         |       | 2025.1.31     |       |       |                   |           |               |
|-------------|-------|---------------|-------|-------|-------------------|-----------|---------------|
| 層数          | 4     | 板厚            | 1.6   | 基 材   | MCL-E-75G/GEA-75G |           |               |
| 層構成         | 種類    | 使用材           | 材料呼び厚 | 成形厚さ  | 層間予測              | 誘電率 @1GHz | 誘電正接 @1GHz    |
|             | レジスト  | PSR-4000 AM02 |       |       | 0.020             | 4.1       | 0.019         |
| L1          | Cu    | 銅箔+銅めっき       | 0.035 |       | 0.055             |           |               |
| ~~~~~       | プリプレグ | GEA-75G       | 0.2   | 0.213 | 0.205             | 4.52      | 0.0165~0.0169 |
| L2          | Cu    | 銅箔            | 0.035 |       | 0.035             |           |               |
| =====       | コア    | MCL-E-75G     | 1.0   |       | 0.930             | 4.6       | 0.0163~0.0167 |
| L3          | Cu    | 銅箔            | 0.035 |       | 0.035             |           |               |
| ~~~~~       | プリプレグ | GEA-75G       | 0.2   | 0.213 | 0.205             | 4.52      | 0.0165~0.0169 |
| L4          | Cu    | 銅箔+銅めっき       | 0.035 |       | 0.055             |           |               |
|             | レジスト  | PSR-4000 AM02 |       |       | 0.020             | 4.1       | 0.019         |
| レジストップ間厚み予測 |       |               |       |       | 1.560             |           |               |

4層基板の内層を使わずにパターン設計し両面基板とする。

その後内層にべたGND層を追加してGNDを強化した4層基板を作成する

# 両面基板



両面基板特有のGNDの脆弱性は、他の機能BLOCKと同居する基板で顕著になる。今回は、他のBLOCK搭載部分はGNDを作成せず脆弱性を再現した。

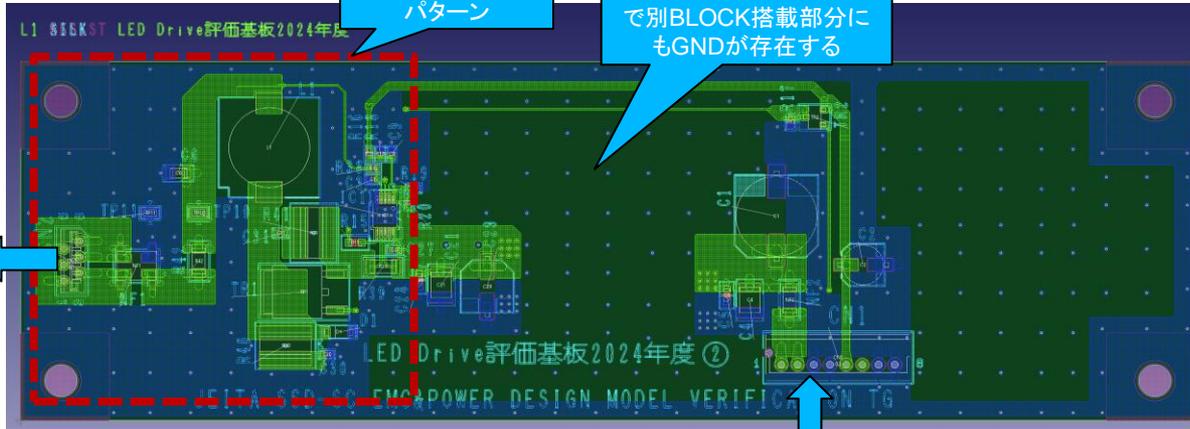
# 4層基板

表面

LED点灯回路部分  
は両面と同じ  
パターン

4層基板では2層3層に  
べたGNDを配置するの  
で別BLOCK搭載部分に  
もGNDが存在する

LED  
接続



裏面

電源入力



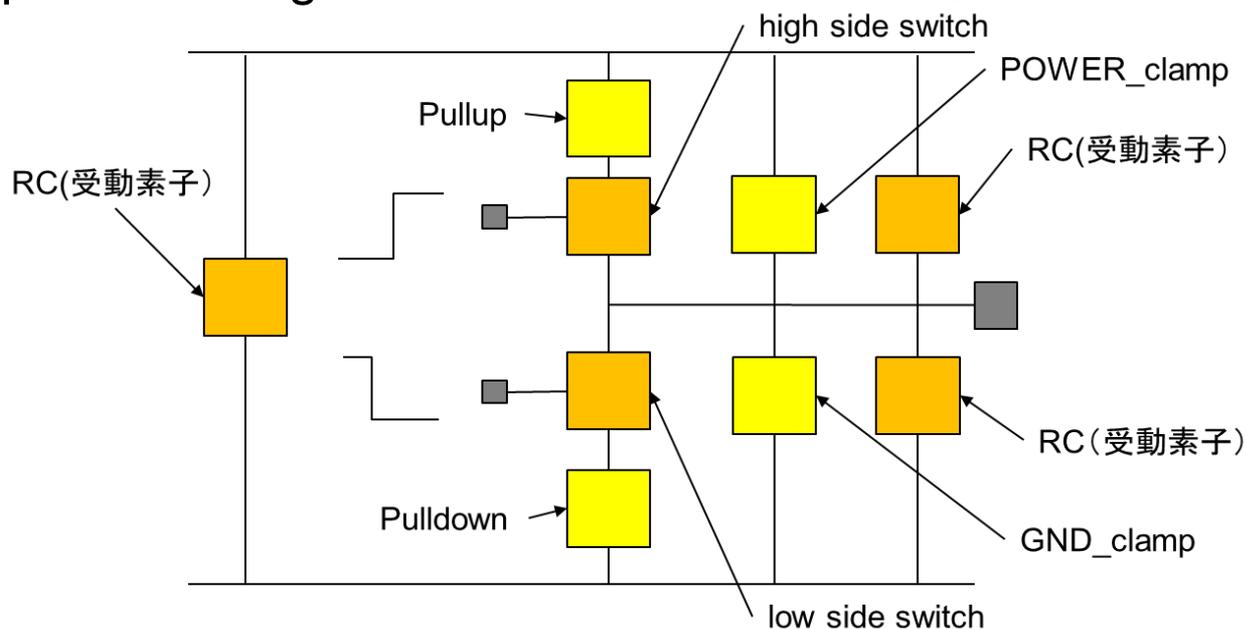
2層と3層のべたGND追加によりGNDの接続が強固になる。

LSIメーカーが提供するエミュレーション基板はできるだけノイズを発生しないようにこちらの設計。

# 成果物の例 1)

## EMI評価モデルの要件と精度検証結果

SpiceかVerilog-A、VHDL-AMSでの記述を検討



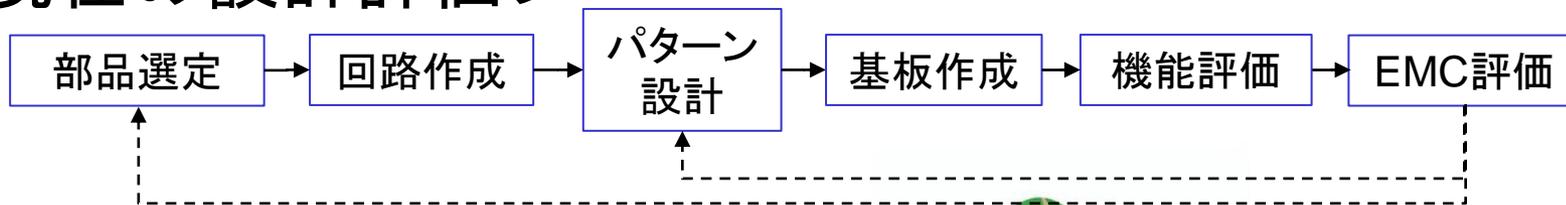
実測からEMI解析に特化したデバイスモデルを作成し、解析と実測の相関を検証する。

# 成果物の例 2)

両面基板化の設計Case

## EMI評価モデルを使って最適な設計プロセスを実践

### 現在の設計評価フロー

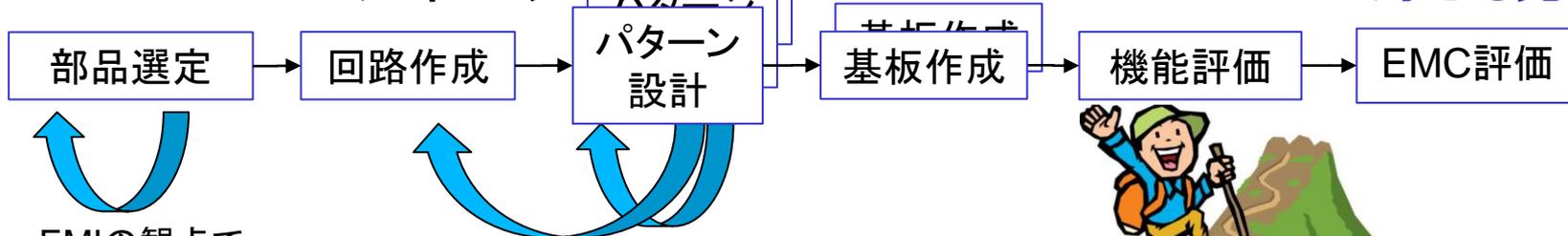


イタレーションの発生

EMIの観点でパターンの最適化と外付け部品の最適化

コストのバジェットイング

フロントローディング



EMIの観点で排除すべき部品の選定

EMI評価モデルを使った最適化



BCP対応も完了

# 最後に

- 具現化に必要な題材の準備はできました
- 次年度は検証計画の詳細化、実証ステージに移ります
- EMCのフロントローディングにご興味をお持ちの方は、今回のフォーラムのアンケートにて御参加のお問い合わせをいただきますようお願いいたします